

**19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENTAMT**

**Patentschrift**  
**DE 196 41 647 C 1**

Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**F 25 J 1/00**  
F 25 J 3/08

- |    |  |                 |
|----|--|-----------------|
| 21 | Aktenzeichen:                                | 198 41 647.7-13 |
| 22 | Anmeldetag:                                  | 8. 10. 98       |
| 23 | Offenlegungstag:                             | —               |
| 24 | Veröffentlichungstag<br>der Patenterteilung: | 26. 2. 99       |

**DE 196 41 647 C 1**

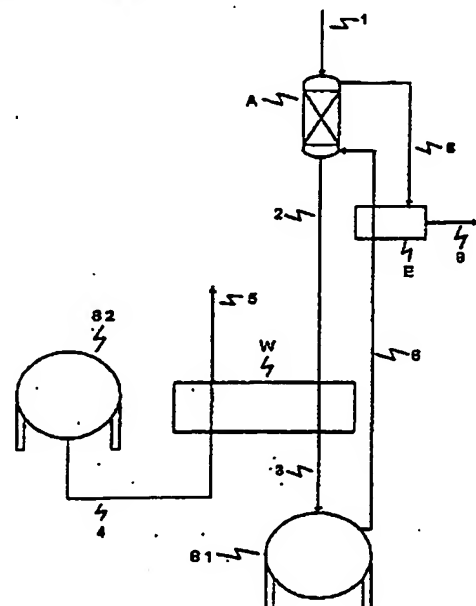
Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

- (73) Patentinhaber:**  
**Linde AG, 65189 Wiesbaden, DE**

- (72) Erfinder:**  
Bräutigam, Max, Dipl.-Ing., 83370 Seon, DE
- (56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit**  
**in Betracht gezogene Druckschriften:**  
DE 1 85 11 383 A1

- 54) Verfahren zur Versorgung von Abnehmern mit Erdgas und kryogenen Flüssigkeiten**

- (57) Verfahren zur Versorgung von Abnehmern mit Erdgas und kryogenen Flüssigkeiten, jeweils in gasförmiger und/oder in flüssiger Form, wobei bei der Abgabe von kryogenen Flüssigkeiten in gasförmiger Form, die beim Übergang vom flüssigen zum gasförmigen Aggregatzustand frei werdende Verdampfungswärme an einen zu verflüssigenden Erdgasstrom abgegeben wird, wobei der zu verflüssigende Erdgasstrom mittels eines oder mehrerer Adsorber vorgereinigt wird und wobei der verflüssigte Erdgasstrom in einem Speicherbehälter gespeichert wird. Erfindungsgemäß werden der oder die der Vorreinigung des zu verflüssigenden Erdgasstromes dienenden Adsorber (A) durch Überleiten des aus dem Erdgasspeicherbehälter abströmenden verdampften Erdgasstromes (3, 2) regeneriert.



**DE 196 41 647 C 1**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Versorgung von Abnehmern mit Erdgas und kryogenen Flüssigkeiten, jeweils in gasförmiger und/oder in flüssiger Form, wobei bei der Abgabe von kryogenen Flüssigkeiten in gasförmiger Form, die beim Übergang vom flüssigen zum gasförmigen Aggregatzustand frei werdende Verdampfungskälte an einen zu verflüssigenden Erdgasstrom abgeben wird, wobei der zu verflüssigende Erdgasstrom mittels eines oder mehrerer Adsorber vorgeeignet wird und wobei der verflüssigte Erdgasstrom in einem Speicherbehälter gespeichert wird.

Unter dem Begriff "kryogene Flüssigkeiten" sind insbesondere verflüssigter Wasserstoff, Helium, Stickstoff, Argon oder Sauerstoff zu verstehen.

Diese kryogenen Flüssigkeiten werden in der Regel in Speicherbehältern zwischengelagert. Eine drucklose Lagerung im gasförmigen Zustand macht keinen Sinn, da in diesem Falle die Dichten wesentlich geringer sind, wodurch vergleichsweise große Tank- bzw. Speicherbehältervolumina notwendig werden. Bei der Abgabe der kryogenen Flüssigkeiten an ein entsprechendes Leitungsnetz oder bei der Abgabe in Flaschen — in diesem Fall ist zusätzlich eine Hochdruckpumpe vorzusehen — werden die kryogenen Flüssigkeiten zunächst verdampft und angewärmt. Diese Verdampfung und Erwärmung erfolgt bisher oftmals im Wärmetausch mit der Umgebungsluft. Die bei der Verdampfung der kryogenen Flüssigkeiten frei werdende Energie wird dabei nicht genutzt.

Aus der DE 195 11 383 A1 ist ein Verfahren sowie eine Anlage zur Versorgung von Abnehmern mit Erdgas und kryogenen Flüssigkeiten gemäß dem Oberbegriff des vorliegenden Patentanspruches 1 bekannt. Hierbei wird die bei der Abgabe von kryogenen Flüssigkeiten in gasförmiger Form beim Übergang vom flüssigen zum gasförmigen Aggregatzustand frei werdende Verdampfungskälte direkt einem zu verflüssigenden Erdgasstrom zugeführt. Dadurch wird erreicht, daß zum einen die bei der Verdampfung der kryogenen Flüssigkeiten frei werdende Energie genutzt werden und zum anderen die bisher notwendige Bereitstellung der für die Verflüssigung des Erdgases benötigten Energie entfallen kann.

In der Praxis ist vor der Verflüssigung des Erdgasstromes eine Abtrennung unerwünschter Komponenten, wie z. B. Wasserdampf, Kohlendioxid, schwere Kohlenwasserstoffe, etc., aus dem zu verflüssigenden Erdgasstrom vorzusehen, da diese Komponenten ansonsten bei der Verflüssigung ausfrieren und zu Verlegungen in Leitungen und/oder Ventilen führen. Diese Abtrennung unerwünschter Komponenten kann auf verschiedene Art und Weise, wie z. B. rektifikatorisch, permeativ, adsorptiv oder aus Kombination dieser Verfahrensweisen, erfolgen.

Im Falle einer adsorptiven Abtrennung der unerwünschten Komponenten werden in der Praxis mehrere, parallel angeordnete Adsorber, die sich abwechselnd in der Adsorptions- und Regenerierphase befinden, verwendet. Um eine möglichst vollständige Regenerierung des in der Adsorptionsphase mit den unerwünschten Komponenten beladenen Adsorptionsmittels zu erreichen, empfiehlt es sich, das Adsorptionsmittel durch Überleiten eines geeigneten Gas(gemisch)stromes zu regenerieren. Dies geschieht bisher durch Überleiten eines erhitzten Inertgasstromes, z. B. eines Stickstoffstromes.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren der Eingangs genannten Art anzugeben, das eine kostensparende Regenerierung des bzw. der der Abtrennung der unerwünschten Komponenten dienenden Adsorber ermöglicht.

Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß der oder die der Vorreinigung des zu verflüssigenden Erdgasstromes dienenden Adsorber durch Überleiten des aus dem Erdgasspeicherbehälters abströmenden verdampften Erdgasstromes regeneriert werden.

Bei dem in einem Speicherbehälter (zwischen)gelagerten, verflüssigten Erdgas erfolgt durch Wärmeeinfall in den Speicherbehälter ein Verdampfen des verflüssigten Erdgases, wodurch es innerhalb des Speicherbehälters zu einem Druckanstieg kommt. Bei Überschreiten eines bestimmten Speicherbehälterinnendrucks — dieser ist abhängig von der Speicherbehälterkonstruktion — ist ein Ablassen des verdampften Erdgases notwendig. Dies geschieht bisher durch Ablassen des verdampften Erdgases über eine Kamin. Das abgelassene Erdgas, in dessen Verflüssigung ja Energie investiert worden ist, ist damit verloren.

Im Gegensatz zu dieser Verfahrensweise wird im Falle des erfindungsgemäßen Verfahrens eine Weiterverwendung des verdampften Erdgases, nämlich als Regeneriergas für den bzw. die der Abtrennung der unerwünschten Komponenten dienenden Adsorber, realisiert. Da das verdampfte Erdgas bereits von den unerwünschten Komponenten befreit worden ist, eignet es sich in hervorragender Weise als Regeneriergas für den bzw. die der Abtrennung der unerwünschten Komponenten dienenden Adsorber.

Eine Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, daß der als Regeneriergas dienende Erdgasstrom vor dem Überleiten über den bzw. die zu regenerierenden Adsorber erhitzt wird.

Da die Regenerierung beladener Adsorptionsmittel mit steigender Temperatur des als Regeneriergas verwendeten Gas(gemisch)es erleichtert wird, empfiehlt sich diese Verfahrensweise insbesondere dann, wenn die Menge an verdampftem Erdgas, aus dem Speicherbehälter, die zur Regenerierung des bzw. der beladenen Adsorptionsmittel verwendet werden kann, nicht ausreichend sein sollte, um eine optimale Regenerierung zu ermöglichen.

Die Erfindung weiterbildend wird vorgeschlagen, daß das Erhitzen des als Regeneriergas dienenden Erdgasstromes in einem Erhitzer, in dem das über den bzw. die Adsorber geleitete, an unerwünschten Komponenten angereicherte Erdgas verbrannt wird, erfolgt.

Da es keinen Sinn macht, das über den bzw. die Adsorber geleitete, an unerwünschten Komponenten angereicherte Erdgas wieder vor den bzw. die Adsorber zurückzuführen, wird mit dieser Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens eine insbesondere in energetischer Sicht sinnvolle Verwendung des an unerwünschten Komponenten angereicherten Erdgases realisiert.

Das erfindungsgemäße Verfahren sowie weitere zweckmäßige Ausgestaltungen desselben seien anhand der Figur näher erläutert.

Der zu verflüssigende Erdgasstrom, der z. B. einem Erdgas(fern)leitungsnetz entnommen sein kann, wird über Leitung 1 einer adsorptiven Abtrennvorrichtung A zugeführt. Diese adsorptive Abtrennvorrichtung A ist in der Figur als ein Adsorber dargestellt, wobei es jedem Fachmann klar ist, daß auch zwei oder mehrere, parallel angeordnete Adsorber, die wechselweise auf Adsorp-

tions- und Regenerierphase geschaltet werden, vorgesehen sein können. Abhängig von den abzutrennenden unerwünschten Komponenten hat die Wahl des bzw. der Adsorptionsmittel zu erfolgen.

Das so von den unerwünschten Komponenten befreite Erdgas wird nun über Leitung 2 einem Wärmetauscher W zugeführt und in ihm gegen einen anzuwärmenden und zu verdampfenden Flüssigkeitsstrom in Leitung 4, auf den später näher eingegangen werden soll, abgekühlt und verflüssigt. Der verflüssigte Erdgasstrom wird sodann über Leitung 3 in den (Zwischen)Speicherbehälter S1 geführt.

Wie bereits erwähnt, erfolgt bei dem in dem Speicherbehälter S1 (zwischen)gelagerten, verflüssigten Erdgas durch Wärmeeinfall in den Speicherbehälter S1 ein Verdampfen des verflüssigten Erdgases, wodurch es innerhalb des Speicherbehälters S1 zu einem Druckanstieg kommt. Bei Überschreiten eines bestimmten Speicherbehälterinnendrucks wird das verdampfte Erdgas über Leitung 6 aus dem Speicherbehälter S1 abgezogen und einem Erhitzer E zugeführt.

Das im Erhitzer E auf eine Temperatur von 200 bis 250°C erwärmte Erdgas wird anschließend über Leitung 7 dem bzw. den Adsorbern bzw. der adsorptiven Abtrennvorrichtung A zur Regenerierung des bzw. der mit unerwünschten Komponenten beladenen Adsorptionsmittel zugeführt. Das mit den unerwünschten Komponenten angereicherte Erdgas wird über Leitung 8 einem Erhitzer E zugeführt und in diesem verbrannt. Über Leitung 9 wird das beim Verbrennen des mit unerwünschten Komponenten angereicherten Erdgases entstehende Abgas abgeführt.

Die für die Abkühlung und Verflüssigung des Erdgases benötigte Kälte wird durch die Erwärmung und Verdampfung einer in einem Speicherbehälter S2 (zwischen)gespeicherten, kryogenen Flüssigkeit geliefert. Diese wird, wie bereits erwähnt, über Leitung 4 dem Wärmetauscher W zugeführt und gegen den abzukühlenden und zu verflüssigenden Erdgasstrom in der Leitung 2 angewärmt und verdampft. Die angewärmte und verdampfte kryogene Flüssigkeit wird anschließend über Leitung 5 ihrer weiteren Verwendung, z. B. Abfüllen in Flaschen und Transport zum Kunden, zugeführt.

Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich insbesondere für eine Erdgastankstelle in Verbindung mit einer Abfüllstation für kryogene Flüssigkeiten.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Versorgung von Abnehmern mit Erdgas und kryogenen Flüssigkeiten, jeweils in gasförmiger und/oder in flüssiger Form, wobei bei der Abgabe von kryogenen Flüssigkeiten in gasförmiger Form, die beim Übergang vom flüssigen zum gasförmigen Aggregatzustand frei werdende Verdampfungskälte an einen zu verflüssigenden Erdgasstrom abgegeben wird, wobei der zu verflüssigende Erdgasstrom mittels eines oder mehrerer Adsorber vorgereinigt wird und wobei der verflüssigte Erdgasstrom in einem Speicherbehälter gespeichert wird, dadurch gekennzeichnet, daß der oder die der Vorreinigung des zu verflüssigenden Erdgasstromes dienenden Adsorber (A) durch Überleiten des aus dem Erdgasspeicherbehälters abströmenden verdampften Erdgasstromes (3, 2) regeneriert werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der als Regeneriergas dienende Erd-

gasstrom vor dem Überleiten über den oder die zu regenerierenden Adsorber (A) erhitzt (E) wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Erhitzen des als Regeneriergas dienenden Erdgasstromes in einem Erhitzer (E), in dem das über den oder die Adsorber (A) geleitete, an unerwünschten Komponenten angereicherte Erdgas verbrannt wird, erfolgt.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

Fig.

